

COMPARATIVA HIDROMINERALÒGICA D'AIGÜES DE FONTS DE TRES ZONES GEOGRÀFIQUES DEL MONTSENY

ÒSCAR FARRERONS VIDAL¹
Universitat Politècnica de Catalunya
oscar.farrerons@upc.cat

FORTIÀ PRAT BOFILL²
Laboratori Clínic Prat S.L.
fprat001@cofb.net

*Hydro-mineralogical comparison of water from sources
of three geographical zones of Montseny*

El treball analitza les propietats mineralògiques de les aigües de setanta-cinc fonts del Montseny est usant potenciomètria, conductimètria, volumètria àcid-base, volumètria Möhr, turbidimetria, espectrofotometria UV, complexometria i fotometria de flama. Els resultats es comparen amb els estudis portats a terme els anys 2017 i 2018 al nord i a l'oest del Montseny i permeten constatar que al Montseny la mineralització global de l'aigua de les fonts és baixa al nord i a l'est i és mitjana a l'oest. L'altura de la font es reflecteix en el grau de mineralització, sobretot al nord i a l'est. Els ions majoritaris són el bicarbonat i el calci i, en alguns casos de l'est, el sodi. Respecte a la contaminació per nitrats es constata que l'aigua és de gran qualitat.

Paraules clau: Montseny, aigua subterrània, font, composició mineral, altitud.

The study analyses the mineralogical properties of the water from seventy-five springs in east Montseny using potentiometry, conductometry, acid-base titration, Möhr's circle, turbidimetry, UV spectrophotometry, complexometry and flame photometry. The results are compared with the studies carried out in 2017 and 2018 in the north and west of Montseny and enable us to verify that in Montseny the overall mineralisation of the water from the springs is low in the north and east and medium in the west. The height of the spring is reflected in the degree of mineralisation, above all in the north and east. The majority of ions are bicarbonate and calcium and, in some cases in the east, sodium. Regarding the contamination by nitrates we can confirm that the water is of very high quality.

Keywords: Montseny, subterranean water, spring, mineral composition, altitude.

Data de recepció: 11/4/2019. Data d'acceptació: 30/8/2019.

Introducció

L'any 2017 els autors d'aquest article van portar a terme un treball de recerca i anàlisis mineralògiques de 100 fonts del Montseny nord,³ i l'any 2018 un treball similar de 48 fonts al Montseny oest i l'Alt Congost.⁴ A partir de la tardor 2018 - hivern 2019 els autors han continuat analitzant mineralògicament les fonts d'una altra zona del massís, aquest cop al Montseny est. És interessant comparar

1. Arquitecte, doctor en enginyeria multimèdia. Grup de Recerca d'Enginyeria de Projectes GIIP. Aigua i Sostenibilitat. Universitat Politècnica de Catalunya.

2. Llicenciat en farmàcia, màster en ciència i tecnologia de l'aigua. Laboratori Clínic Prat, SL. Professor col·laborador Universitat de Vic.

3. Òscar FARRERONS VIDAL i Fortià PRAT, «Anàlisis mineralògiques de les fonts del Montseny nord», *Ausa* (Vic), vol. 27, núm. 178 (2016), p. 693-719.

4. Òscar FARRERONS VIDAL i Fortià PRAT, «Anàlisis mineralògiques de les fonts del Montseny oest i de l'Alt Congost», *Ausa* (Vic), vol. 28, núm. 180 (2017), p. 533-555.

aquestes tres zones geogràfiques montsenyenes, quant a qualitats hidromineralògiques de les aigües de les seves fonts, per veure si es compleixen les mateixes característiques i correlacions a les zones estudiades, i en quina mesura es produeixen diferències.

En aquest article es presenten breument els resultats mineralògics obtinguts a les fonts del Montseny llevantí, i es comparen amb les característiques generals del nord i de l'oest. Les tres zones geogràfiques, nord (vermell) 50 km²; oest - Alt Congost (blau) 65 km², i est (verd) 160 km², són l'àmbit de l'estudi comparatiu (figura 1).



Figura 1. Zones d'estudi de 2017 (vermell), 2018 (blau) i 2019 (verd) (elaboració pròpia sobre mapa comarcal).

Les aigües del Montseny llevantí es dirigeixen a la Mediterrània a través de la riera d'Arbúcies, que és alimentada per una successió de torrents i rieres entre els quals destaquen la Pineda, la Xica i la de les Truites. Al límit sud del terme municipal de Sant Feliu de Buixalleu la riera d'Arbúcies alimenta la Tordera. Altres afluents directes de la Tordera són la riera de Repiaix i la riera de Breda.

La zona d'estudi del Montseny est ha estat delimitada pels municipis d'Arbúcies, Sant Feliu de Buixalleu, Breda i Riells i Viabrea. Es tracta d'una zona poc poblada (sols 14.900 habitants) amb una distribució molt desigual, que es concentra als nuclis urbans de Breda i Arbúcies i en urbanitzacions a la plana al·luvial de la Tordera. En aquest àmbit hi ha identificades quasi dues-centes fonts, consultables a través del codi QR de la figura 2, de les quals se n'han seleccionat 110 per ser visitades, i finalment s'han pogut recollir mostres d'aigua de 75 fonts. S'han seleccionat mostres de fonts boscanes i urbanes, i de diferents altituds per tal de facilitar la comparació amb les altres dues zones del Montseny. Més de la meitat de les mostres de les fonts són d'Arbúcies.

El clima de la zona d'estudi és mediterrani continental, càlid i temperat a la vall d'Arbúcies i més fred a les cotes al voltant de les Agudes (1.700 m). La



Figura 2. Codi QR que permet l'accés al plànol de les fonts del Montseny (Farrerons, Corella).

pluviometria és abundosa (aproximadament 800 mm) i repartida durant tot l'any de manera bastant homogènia.⁵

A la zona nord de l'estudi la geologia ens situa al Carbonífer Pèrmic (granodiorites i granits alcalins), mentre que al sud ens trobem al Càmbric i al Miocè inferior (conglomerats, gres i lutites vermelles) segons plànols de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

Objectius

Històricament sempre hi ha hagut interès cap al coneixement de les propietats minerals de les aigües de les fonts.⁶ A Catalunya aquest estudi de les fonts s'ha combinat amb la recuperació del patrimoni històric a través de la memòria col·lectiva a través d'associacions populars.⁷

Al Montseny nord les fonts són de baixa mineralització, amb aigua bicarbonatada calcicomagnèsica amb una certa tendència sulfatada. Al Montseny oest s'ha demostrat que l'aigua de les seves fonts és quatre vegades més mineralitzada, clarament bicarbonatada. Es pretén comparar les característiques minerals de les aigües d'aquestes fonts amb les del Montseny est i treure'n conclusions sobre les seves semblances i/o diferències.

Les fonts analitzades cobreixen la major part del terreny d'estudi, tot i que de manera desigual, ja que no es troben en la mateixa densitat en els diversos municipis de l'est del Montseny. Al plànol googlemaps titulat *Anàlisi mineralògica de les fonts del Montseny est*, consultable a internet⁸ es poden apreciar totes les fonts visitades per fer l'estudi, diferenciant entre aquelles en què ha estat possible prendre la mostra d'aigua i aquelles en què això ha estat impossible perquè la font era seca en el moment de les visites durant el període del treball de camp (tardor-hivern 2018-2019).

En l'annex que acompanya aquest article es pot veure la llista de les 75 fonts on s'ha pogut recollir aigua com a objecte d'estudi, amb la data de presa de la mostra d'aigua, les coordenades, l'altitud de cada una de les fonts i el seu cabal, juntament amb els resultats mineralògics obtinguts. S'ha mantingut la numeració de les fonts de la llista del treball de camp (que incloïa 110 fonts), de manera que el registre no és correlatiu.

Aquest treball pretén confirmar relacions hipotètiques que s'estableixen entre l'altitud i la majoria dels paràmetres minerals, comprovant les correlacions analítiques que es porten a terme a l'est del Montseny i la seva semblança o no en els àmbits nord i oest.

5. <<https://es.climate-data.org/europe/espana/cataluna/arbucies-56883/>> i <<https://es.climate-data.org/europe/espana/cataluna/breda-662480/>>

6. J. BAEZA RODRÍGUEZ-CARO, J. A. LÓPEZ GETA i A. RAMÍREZ ORTEGA, *Las aguas minerales en España*, Madrid, Instituto Geológico y Minero de España, 2001.

7. LL. SERRA, «Mines i fonts», *Fonts. Butlletí del Centre d'Estudis Argentonins Jaume Clavell*, 42 (2010).

8. <<https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1mRhV4kjIzmOMgA5wx6uXzLUA3LLpdjhE&ll=41.791921179107355%2C2.366031593408252&z=12>>

Metodologia i anàlisis

Per al treball de camp s’han seguit els mateixos protocols emprats la tardor de 2016 i de 2017: ampolletes de 50 cl d’aigua mineral usades, esbandides un mínim de tres vegades amb l’aigua de la mateixa font abans de prendre’n la mostra, que han estat transportades el mateix dia de recollida al laboratori homologat i han estat analitzades en un temps màxim de cinc dies. Aquesta metodologia assegura uns resultats comparables de les mostres correctes.

El laboratori encarregat de fer l’anàlítica ha tornat a ser LABPRAT H2O de Torelló,⁹ autoritzat per la Direcció General de Salut Pública (núm. LSAA-104-97), reconegut en el Registre de Laboratoris Agroalimentaris de Catalunya (núm. 300), que disposa de Sistema de Gestió de Qualitat conforme amb la norma de certificació UNE-EN-ISO 9001:2016 i està sotmès a autoavaluació continuada de resultats en Exercicis d’Intercomparació. Les tècniques analítiques usades al laboratori han estat: potenciometria (càlcul de pH), conductimetria (càlcul de conductivitat), volumetria àcid-base (càlcul de bicarbonats), volumetria Möhr (càlcul de clorurs), turbidimetria (càlcul de sulfats), espectrofotometria UV (càlcul de nitrats), complexometria (càlcul de duresa, calci i magnesi) i fotometria de flama (càlcul de sodi i potassi).

Les fonts analitzades al Montseny est es troben entre una altitud mínima de 117 m (font del Sot de la Coma, Riells i Viabrea) i una de màxima de 1.215 m (font de Sant Joan, Arbúcies), amb una altitud mitjana de 461 m, mentre que al nord era de 983 m i a l'oest, de 598 m.

Per poder portar a terme una comparativa adequada amb les analítiques estudiades el 2017 (Montseny nord) i el 2018 (Montseny oest) s’ha analitzat conductivitat, bicarbonats, calci, magnesi, sulfats, clorurs, pH, duresa de l’aigua, sodi i potassi. En alguna font concreta s’ha analitzat també el ferro. El treball de camp ha permès mesurar el cabal de cada font, però és una variable no comparable amb els darrers anys perquè lamentablement anteriorment no es va prendre aquesta mesura.

Resultats

La composició fisicoquímica de les aigües de les fonts ve determinada per la interacció de diversos factors, com són els climàtics, litològics, edàfics i antropogènics.¹⁰ La interacció entre les diferents variables, i sobretot entre les climàtiques (pluja i temperatura), juntament amb la composició mineralògica de les roques determinen el grau de meteorització química que veurem en els propers resultats.

9. Carrer del Pont 21, 08570 Torelló.

10. W. H. SCHLESINGER i E. S. BERNHARDT, *Biogeochemistry. An analysis of global change*, Academic Press, 2013, p. 1997.



Figura 3. Font del Muro (Arbúcies) el dia de la presa de mostres (foto: Farrerons, gener 2019).

Altitud

L’altitud de les fonts del Montseny est de les quals s’ha analitzat l’aigua es pot consultar a l’annex. A la taula 1 es poden comparar els valors màxims, mínims i mitjans de l’altitud de les fonts analitzades en les tres zones geogràfiques estudiades del Montseny.

Altitud / Zona		màxim (metres)	mínim (metres)	mitjana (metres)
nord		1.601	628	964
oest		1.109	399	598
est	valor	1.215	117	460
	Número i nom font	56-Sant Joan (Arbúcies)	87-Sot de la Coma (Riells)	

Taula 1. Valors màxim, mínim i mitjà de l’altura de la font a nord, oest i est del Montseny (elaboració pròpia).

pH

Els resultats obtinguts en l'anàlisi del pH de cada font del Montseny est es poden consultar a l'annex. A la taula 2 es poden comparar els valors màxims, mínims i mitjans (+/- 0,06 error estàndard) obtinguts en les tres zones geogràfiques estudiades del Montseny.

pH / Zona		màxim (pH)	mínim (pH)	mitjana (pH)
nord		9,50	5,70	7,06
oest		8,05	6,80	7,46
est	valor	9,12	6,35	7,28
	Número i nom font	92-Rectoria	83-Canyonal	

Taula 2. Valors màxim, mínim i mitjà de pH a nord, oest i est de les fonts del Montseny (elaboració pròpia).

Al Montseny nord i est és on hi ha les aigües de les fonts més disperses quant a pH, amb valors fora dels tolerats pel RD 140/2003 (8,5 i 6,5 respectivament). Tot i això, els valors mitjans de pH són molt propers entre ells, només un 0,22 superiors a l'est que al nord i, en canvi, un 0,18 per sota dels de l'àmbit oest.

Conductivitat

Els valors màxims, mínims i mitjans (+/- 22,81 error estàndard) de la conductivitat obtinguts en les tres zones geogràfiques estudiades del Montseny es poden apreciar a la taula 3.

Conductivitat / Zona		màxim (microS/cm)	mínim (microS/cm)	mitjana (microS/cm)
nord		719	43	185
oest		1.929	96	705
est	valor	1.487	84	273
	Número i nom font	87-Sot de la Coma	84-Corralet d'en Pelagrí	

Taula 3. Valors màxim, mínim i mitjà de conductivitat a nord, oest i est de les fonts del Montseny (elaboració pròpia).

La conductivitat mitjana de l'aigua de les fonts de l'àmbit est és baixa i similar a la del nord (un 91 %) però en canvi suposa sols un 24 % de la conductivitat mitjana de les fonts de l'oest del Montseny.

Bicarbonats

Els valors màxims, mínims i mitjans (+/- 8,32 error estàndard) i la seva comparativa amb les altres zones es poden veure a la taula 4 següent, en què es demostra que l'aigua de les fonts de l'est es troba en una situació intermèdia entre el nord i l'oest quant a bicarbonats, amb un valor mitjà de 123 mg/l, que significa un 137 % de la mitjana del nord, però només un 35 % de la mitjana de l'àmbit oest.

Bicarbonats / Zona		màxim (mg/l)	mínim (mg/l)	mitjana (mg/l)
nord		439	11	90
oest		587	58	354
est	valor	442,3	21,3	123
	Número i nom font	87-Sot de la Coma	84-Corralet d'en Pelagrí	

Taula 4. Valors màxim, mínim i mitjà de bicarbonats a nord, oest i est de les fonts del Montseny (elaboració pròpia).

Clorurs

A l'àmbit Montseny est es pot trobar una font clorurada (que supera els 250 mg/l de clorur), la 87-font del Sot de la Coma (314,2 mg/l). Atenent a les mitjanes de les aigües analitzades, les fonts es troben en un punt intermedi, doblant la mitjana de l'àmbit nord, però sols a la meitat de la mitjana de l'àmbit oest. La comparativa de valors de les tres zones geogràfiques montsenyenques s'aprecia a la taula 5.

Clorurs / Zona		màxim (mg/l)	mínim (mg/l)	mitjana (mg/l)
nord		61,1	1,4	9,8
oest		358,6	4,3	43,5
est	valor	314,2	3,0	20,1
	Número i nom font	87-Sot de la Coma	20-Coll de Te	

Taula 5. Valors màxim, mínim i mitjà de clorurs a nord, oest i est de les fonts del Montseny (elaboració pròpia).

Sulfats

Usant la tècnica de turbidimetria hem calculat els valors de sulfats de totes les fonts, i hem detectat que la que té el valor més alt torna a ser la 87-font del Sot de la Coma. La segueixen la 92-font de l'ermita de Sant Llop (73,5 mg/l) i la 66-font de l'Aleix (56,8 mg/l). Tal com es mostra a la taula 6, els valors màxims són

molt variats; els mínims són molt propers, i les mitjanes entre zones mantenen la tendència analitzada fins ara, on la mitjana de sulfats de l'est és un 192 % de la que hi ha a la zona nord, però sols un 34 % de la corresponent a la zona oest.

Sulfats / Zona		màxim (mg/l)	mínim (mg/l)	mitjana (mg/l)
nord		49,5	1,7	10,6
oest		172,4	1,4	59,8
est	valor	98,6	1,2	20,3
	Número i nom font	87-Sot de la Coma	25-En Pistola	

Taula 6. Valors màxim, mínim i mitjà de sulfats a nord, oest i est de les fonts del Montseny (elaboració pròpia).

Nitrats

A l'estudi de 2017 vam veure que cap de les 100 fonts analitzades al nord superaren el valor del RD 140/2003 quant a nitrats per a considerar que l'aigua era no potable. Per contra, a la zona oest del 20 % de les fonts n'emanaven aigües no potables. A l'est sols hem detectat tres fonts, que representen només el 4 %, d'aigües no potables (que superen els 50 mg/l): 73-font d'en Ratica (77,0 mg/l), 109-font de Can Pons (73,5 mg/l) i 72-font de Duran (67,6 mg/l). A més, la resta de valors són molt inferiors, fet que demostra que és una zona amb poca influència antròpica respecte als nitrats. La taula 7 permet veure la comparativa entre zones.

Nitrats / Zona		màxim (mg/l)	mínim (mg/l)	mitjana (mg/l)	fonts no potables
nord		47,6	0,0	5,8	0%
oest		333,2	0,0	32,2	20%
est	valor	77,0	0,0	8,4	4%
	Número i nom font	73-En Ratica	en vuit fonts		

Taula 7. Valors màxim, mínim i mitjà de nitrats a nord, oest i est de les fonts del Montseny (elaboració pròpia).

Veiem que els usos del sòl poden influir de manera significativa en els nitrats, que solen ser poc abundants a la natura però que s'incrementen a conseqüència de l'activitat humana (tant al Montseny com en altres llocs).¹¹

11. N. OTERO *et al.*, «Monitoring groundwater nitrate attenuation in a regional system coupling hydrogeology with multi-isotopic methods: The case of Plana de Vic (Osona, Spain)», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 133 (2009), p. 103-113.

Duresa

Usant la tècnica de la complexometria, s'ha calculat la duresa de totes les mostres de les fonts de l'est, amb una mitjana (+/- 0,96 error estàndard) d'11,3 °TH. Les màximes i mínimes i la seva comparació amb les altres zones geogràfiques es pot veure a la taula 8, en què destaca que la mitjana de l'est és un 135 % de la del nord però sols un 30 % de la de l'oest. Com ja ha passat amb altres valors la font amb més duresa és la del Sot de la Coma, amb un valor molt elevat, i la segueixen d'altres amb valors molt més baixos: 107-font de Can Mas (26,6 °TH) i 92-font de l'ermita de Sant Llop (23,6 °TH). De la mateixa manera que passava al nord i a l'oest s'aprecia una relació lineal molt manifesta entre la duresa de les fonts i la seva conductivitat.

Duresa / Zona		màxim (°TH)	mínim (°TH)	mitjana (°TH)
nord		36,0	1,0	8,4
oest		84,0	4,9	37,8
est	valor	63,5	1,1	11,3
	Número i nom font	87-Sot de la Coma	84-Corralet d'en Pelagrí	

Taula 8. Valors màxim, mínim i mitjà de duresa a nord, oest i est de les fonts del Montseny (elaboració pròpia).

Calci

El comportament és similar al que havíem vist a les altres zones geogràfiques, en què l'alta conductivitat de les fonts suposa una gran quantitat de calci a les seves aigües. La relació entre els valors mitjans manté la relació de paràmetres vistos fins ara, la mitjana (+/- 2,88 error estàndard) de calci de l'est és un 133 % de la del nord però sols un 31 % de la de l'oest, com s'aprecia a la taula 9.

Calci / Zona		màxim (mg/l)	mínim (mg/l)	mitjana (mg/l)
nord		68,1	2,4	25,7
oest		244,5	12,4	109,4
est	valor	184,4	4,0	34,3
	Número i nom font	87-Sot de la Coma	84-Corralet d'en Pelagrí	

Taula 9. Valors màxim, mínim i mitjà de calci a nord, oest i est de les fonts del Montseny (elaboració pròpia).

Magnesi

Les fonts amb més magnesi a l'àmbit est estudiat són: 87-font del Sot de la Coma (42,0 mg/l), 12-font de Can Quadres (17,0 mg/l) i 88-font de Menjahòsties (17,0 mg/l). Es manté la relació lineal inversa dels valors de magnesi amb l'altitud de la font. La relació entre zones geogràfiques es veu a la taula 10.

Magnesi / Zona		màxim (mg/l)	mínim (mg/l)	mitjana (mg/l)
nord		16,0	0,5	4,7
oest		55,9	1,9	27,0
est	valor	42,0	0,3	6,7
	Número i nom font	87-Sot de la Coma	84-Corralet d'en Pelagrí	

Taula 10. Valors màxim, mínim i mitjà de magnesi a nord, oest i est de les fonts del Montseny (elaboració pròpia).

Sodi

Les aigües de les fonts de la zona est en el paràmetre sodi també mantenen una posició intermèdia entre les del nord i les de l'oest, com es pot veure a la taula 11; en aquest cas la mitjana (+/- 1,93 error estàndard) de les aigües de l'est representen un 164 % de la mitjana de les del nord i un 84 % de la mitjana de les de l'oest.

Sodi / Zona		màxim (mg/l)	mínim (mg/l)	mitjana (mg/l)
nord		99,4	1,8	10,9
oest		210,5	3,7	21,2
est	valor	99,0	4,0	17,9
	Número i nom font	87-Sot de la Coma	36-Noguereta	

Taula 11. Valors màxim, mínim i mitjà de sodi a nord, oest i est de les fonts del Montseny (elaboració pròpia).

Potassi

Es mantenen les relacions com en els altres valors minerals: la mitjana (+/- 0,09 error estàndard) de potassi de la zona est és un 125 % de la de l'àmbit nord, però sols un 43 % de la de l'oest del Montseny (taula 12).

Potassi / Zona		màxim (mg/l)	mínim (mg/l)	Mitjana (mg/l)
nord		4,9	0,0	1,2
oest		17,4	0,2	3,5
est	valor	5,0	0,4	1,5
	Número i nom font	4-Bon Humor	52-Roters	

Taula 12. Valors màxim, mínim i mitjà de potassi a nord, oest i est de les fonts del Montseny (elaboració pròpia).

Discussió

La caracterització mineral ve determinada en gran part per la proporció iònica relativa dels diferents elements majoritaris en dissolució i no tant per la magnitud de les seves concentracions.¹²

Aquests resultats els podem correlacionar entre les tres zones d'estudi. Si es calculen els coeficients de correlació de la mineralització (valorats en conductivitat a 20 °C) de cada una de les aigües amb l'altitud de la font i cada una de les zones analitzades, obtenim els resultats de la taula 13.

Fonts Montseny nord	-0,6630
Fonts Montseny est	-0,4578
Fonts Montseny oest	-0,2831

Taula 13. Coeficient de correlació altitud/conductivitat a 20 °C (elaboració pròpia).

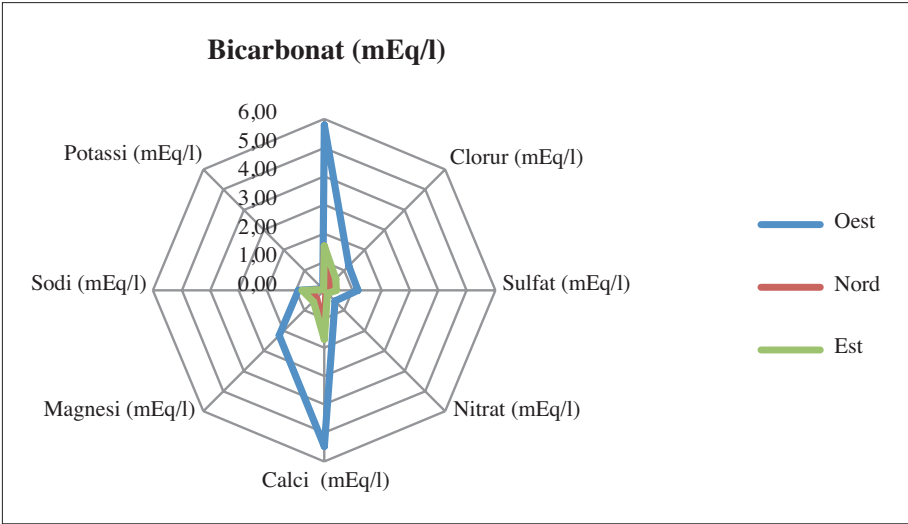
La probabilitat que a més altitud de la font l'aigua tingui menys mineralització és més alta al nord que en cap de les altres dues zones. A l'est la probabilitat és mitjana, i més baixa a l'oest.

Composició mineral comparada

Per comparar la composició mineral de cada una de les zones estudiades i mostrar-ho en un gràfic utilitzarem els mil·liequivalents. Un mil·liequivalent és la massa en mil·ligrams de cada un dels anions o cations considerats: així, per exemple, 1 mil·liequivalent de bicarbonat són 61,0 mg, i de calci són 40,1 mg. En dissolució els minerals es dissocien en anions i cations, i quan precipiten o es fa el residu sec reaccionen equivalent a equivalent per a formar la sal mineral sòlida.

12. R. P. HOOPER, «Diagnostic tools for mixing models of stream water chemistry», *Water Resources Research*, 39 (2003).

D'aquesta manera, al gràfic es pot veure millor quin mineral és el majoritari i ens indica la composició majoritària: bicarbonatada càlcica en tots els casos, però lleugerament sòdica a l'est i amb algunes aigües magnèsiques a l'oest. Tal i com es pot veure al gràfic 1, la composició mineral i el seu contingut en mil·liequivalents/l (mEq/l) ens mostra que els valors són superiors a l'àmbit est que al nord, però per contra tots són clarament inferiors als de l'oest del Montseny.



Gràfic 1. Relació comparada dels valors mitjans dels minerals (mEq/l) entre les zones oest, nord i est del Montseny (elaboració pròpia).

El diagrama de Piper (figura 4) mostra el percentatge de cada un dels mil·liequivalents dels anions i els cations: bicarbonat, sulfat, clorur, calci, magnesi i sodi+potassi. El triangle de l'esquerra indica el percentatge de cations i el de la dreta el d'anions i es transfereixen automàticament al rombe de dalt. Així, cada aigua queda representada per tres punts, els dos dels triangles i el del rombe, molt utilitzats en hidroquímica per a definir la composició.

Per exemple, al Montseny nord el percentatge de mil·liequivalents dels anions i els cations, de la mitjana de totes les aigües, es pot apreciar a la taula 14.

Anions	bicarbonats 73,0 %	sulfats 10,3 %	clorurs 13,1 %
Cations	calci 59,2 %	magnesi 18,3 %	sodi+potassi 22,9 %

Taula 14. Anions i cations de la mitjana de les fonts del Montseny nord (elaboració pròpia).

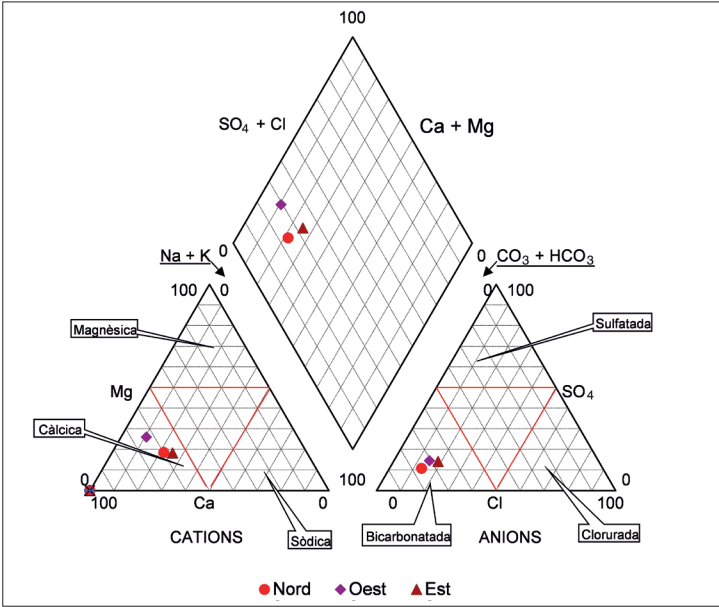


Figura 4. Diagrama de Piper per a l'aigua de les fonts del Montseny nord, oest i est (elaboració pròpia).

Conclusions

L'altitud és un valor decisiu en la mineralització de les fonts del Montseny en general, però molt més al nord i a l'est que a la zona oest del Montseny, que acull fonts amb aigües molt més mineralitzades. Els valors de mineralització són diferents entre les tres zones, i les aigües del Montseny est se situen en una posició intermèdia però més propera a les del nord, tot i tenint en compte la diferència d'altitud.

El pendent i el desnivell entre fonts analitzades, molt més pronunciat al nord que a l'est i a l'oest, i les formacions geològiques per on circula l'aigua, més variades i algunes de carbonatades a l'est i a l'oest, determinen el grau de mineralització de les tres zones estudiades.

Es conclou que la composició majoritària de les aigües de les fonts del Montseny és bicarbonatada càlcica. Les correlacions principals entre els valors minerals al Montseny es produeixen en la conductivitat-duresa, clorur-sodi i duresa-calci en totes les zones geogràfiques, i altres correlacions apreciables són en conductivitat-calci, bicarbonat-duresa i bicarbonat-calci, sobretot al Montseny nord i est.

Destaquem que les aigües de més qualitat quant a nitrats, i per tant amb valors inferiors a 50 mg/l (RD 140/2003), es troben al Montseny nord, amb el 100 % de les mostres; mentre que a les del Montseny est aquest percentatge és del 97 %, i a l'oest del 78 %, associat sempre a les activitats antròpiques.

Annex

	font	coordenades GPS	altitud (m)	data presa mostra	cabal (l/minut)	pH (unit·pH)	Conductivitat (microS/cm)	Bicarbonat (mg/l)	Clorur (mg/l)	Sulfat (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Duresa T °TH	Calci (mg/l)	Magnesi (mg/l)	Sodi (mg/l)	Potassi (mg/l)
000	valor mitjà		460		6,7	7,28	272,7	123,3	20,0	20,3	8,4	11,3	34,3	6,7	17,9	1,5
001	Bassa de les Eugues	41.8271, 2.4441	577	10/11/2018	0,0	7,85	223	137,9	8,9	12,3	0,0	11,4	33,3	7,8	7,6	0,9
002	Bassa Llarga	41.8208, 2.5501	432	1/1/2019	6,4	7,15	293	168,4	10,3	14,7	3,5	13,8	41,7	8,3	16,1	2,7
003	Beguda	41.8159, 2.4106	1.042	18/11/2018	19,4	7,45	146	94,5	6,4	4,9	0,8	7,8	22,4	5,3	5,2	1,5
004	Bon Humor	41.8164, 2.5161	279	10/11/2018		7,28	373	138,2	18,8	33,6	40,8	14,1	44,1	7,5	23,1	5,0
006	Can Dorca	41.8358, 2.4548	571	13/1/2019	0,3	7,94	267	169,6	6,7	9,4	1,9	13,6	42,5	7,3	12,3	1,3
009	Can Pairana	41.8140, 2.4992	366	1/11/2018	1,3	7,50	246	152,5	5,7	11,3	0,0	11,7	35,3	7,0	11,7	0,9
011	Can Pascual	41.7996, 2.5443	203	10/11/2018	3,8	6,75	355	200,3	17,4	20,3	0,2	15,5	51,3	6,6	20,2	0,6
012	Can Quadres	41.8121, 2.5300	249	10/11/2018	4,9	7,14	446	220,8	17,4	46,9	8,4	21,6	58,5	17,0	19,1	1,3
015	Canaleta	41.8070, 2.4968	529	5/1/2019	0,02	7,36	143	69,5	7,1	11,5	0,1	5,7	17,6	3,2	10,6	1,0
017	carrer Pietat	41.8163, 2.5184	280	10/11/2018		7,8	295	158,6	15,3	16,8	4,0	13,4	39,7	8,5	14,3	1,7
020	Coll de Te	41.7915, 2.4716	1.022	1/11/2018	6,0	6,36	76	38,4	3,0	3,4	1,5	2,6	8,0	1,5	7,1	0,7
021	Conill	41.7875, 2.4571	1.181	1/11/2018	0,7	6,75	126	44,5	18,0	1,5	2,9	4,7	14,8	2,4	8,8	0,7
022	Parc de la Corbadora	41.8194, 2.5025	318	10/11/2018		7,73	252	129,3	18,1	13,9	4,0	11,3	34,5	6,6	12,6	1,6
024	En Bosch	41.8155, 2.5129	296	1/11/2018		7,83	395	228,2	14,9	22,8	3,4	19,3	56,1	12,9	17,4	1,9
025	En Pistola	41.7972, 2.4568	1.020	1/11/2018	0,9	6,43	95	51,8	5,1	1,2	0,7	4,2	12,8	2,4	4,8	1,1
027	Ferro	41.8133, 2.5099	351	10/11/2018	11,5	6,35	107	50,6	8,2	8,8	1,9	4,2	12,0	2,9	8,7	0,5
028	Fogueres de Montsoriu	41.7832, 2.5245	618	16/12/2018		7,03	255	91,0	21,3	24,8	13,7	9,0	28,1	4,9	19,7	1,4
030	L'Havana	41.8152, 2.5180	275	1/11/2018		7,6	383	219,6	13,8	22,2	3,3	18,7	55,9	11,5	16,7	1,8
031	Mancomunitat	41.8524, 2.4521	735	10/11/2018	11,8	7,52	297	139,1	22,4	16,2	3,8	13,4	41,7	7,3	9,7	2,9
033	Marianegra	41.7946, 2.4596	994	1/11/2018	54,5	7,62	172	91,5	9,6	4,1	1,1	8,1	27,7	2,9	6,3	1,4
034	Mina	41.8250, 2.5532	445	1/1/2019	7,5	7,12	313	184,2	11,7	15,2	2,3	14,8	44,9	8,8	15,2	1,7
035	Nespler	41.8379, 2.4484	611	13/1/2019	1,3	7,75	228	126,9	7,1	12,3	7,7	11,0	35,2	5,3	10,0	1,1
036	Noguereta	41.8077, 2.4796	587	1/11/2018	23,1	7,62	85	42,7	5,9	1,6	1,1	3,8	10,8	2,7	4,0	0,9
037	Or I	41.8611, 2.4554	957	18/11/2018	7,5	8,06	185	80,5	4,6	15,5	17,9	8,0	26,4	4,1	9,9	1,5
040	Passeig del Montseny	41.8179, 2.5076	296	10/11/2018	10,2	7,02	319	172,0	14,6	18,4	5,2	14,6	45,7	7,8	14,4	1,2
042	Petita	41.7932, 2.4994	699	8/01/2019		7,07	155	64,7	13,1	15,5	5,0	5,9	16,8	4,1	14,1	0,5
043	Pipes	41.8198, 2.4945	343	10/11/2018	2,7	6,57	181	85,5	7,2	6,4	14,8	7,6	24,8	3,4	8,6	1,2
046	Pont Cremat	41.8121, 2.5304	250	10/11/2018	0,0	6,75	413	178,5	19,5	50,4	13,7	19,0	56,1	12,1	16,3	2,9
047	Prat	41.7927, 2.4714	996	1/11/2018	28,6	6,43	64	30,5	4,6	1,4	2,4	2,0	5,6	1,5	6,8	0,5
048	Ramon Ferrer	41.8200, 2.5049	314	10/11/2018		7,83	294	150,4	14,3	17,7	3,8	12,8	44,9	3,9	13,2	1,7
049	Regàs	41.8222, 2.4518	503	10/11/2018	0,9	7,51	205	125,1	7,1	6,3	1,1	9,5	33,7	2,7	8,2	1,3
050	Replà	41.8033, 2.5225	383	1/1/2019	1,8	7,11	247	140,3	9,9	12,5	0,7	11,6	32,9	8,3	13,0	1,2
051	Rossinyol	41.8129, 2.5238	270	1/11/2018		7,78	376	209,8	12,1	25,5	2,0	14,3	37,3	12,1	30,5	2,2
052	Roters	41.7990, 2.4867	812	5/1/2019	0,6	6,78	106	40,0	6,7	9,7	1,6	3,7	12,4	1,5	9,5	0,4
053	Safareig de Joanet	41.8440, 2.5279	529	24/11/2018	1,1	8,00	330	172,0	12,4	12,6	18,5	15,1	48,8	7,0	15,9	2,8
054	Sagrat Cor	41.8143, 2.5077	415	10/11/2018		8,12	307	165,3	16,7	17,8	3,7	13,7	41,7	8,0	15,3	1,9
055	Salt del Boc	41.8230, 2.4092	981	18/11/2018	35,3	7,11	240	111,0	16,7	8,0	8,4	10,4	33,3	5,1	9,2	1,1

	font	coordenades GPS	altitud (m)	data presa mostra	cabal (l/minut)	pH (unit:pH)	Conductivitat (microS/cm)	Bicarbonat (mg/l)	Clorur (mg/l)	Sulfat (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Duresa T °TH	Calci (mg/l)	Magnesi (mg/l)	Sodi (mg/l)	Potassi (mg/l)
056	Sant Joan	41.7904, 2.4542	1.215	1/11/2018	4,1	6,85	103	55,5	6,0	1,2	2,6	4,9	13,2	3,9	4,0	1,4
059	Traginer	41.8280, 2.5284	306	22/12/2018	11,1	7,01	149	73,4	10,3	12,8	2,7	6	17,6	3,9	11,6	1,1
062	Ermita Grions	41.7609, 2.6086	155	22/12/2018		7,4	306	141,5	20,2	20,4	8	13,2	40,1	7,8	20	1,7
063	Escoles Gaserans	41.7490, 2.5911	129	22/12/2018		7,5	305	150,1	19,9	20,5	7,8	13,3	39,3	8,5	19,3	1,6
065	Mina de Foravila	41.8018, 2.5836	467	22/12/2018	1,2	6,75	195	85,4	13,4	20,8	3,2	6,2	18,8	3,6	21,8	1,5
066	Aleix	41.7503, 2.5670	141	1/12/2018	1,1	7,10	538	239,1	31,6	56,8	17,4	16,5	50,5	9,3	65,0	0,8
067	Ca n'Erola	41.7524, 2.5517	179	1/12/2018	2,5	6,65	191	71,4	13,8	17,6	8,4	7,0	21,6	3,9	14,1	1,0
069	carrer Barcelona	41.7454, 2.5577	154	1/12/2018		7,80	280	112,2	18,1	31,2	9,5	11,6	36,5	6,1	15,5	3,1
070	carrer Còdols	41.7494, 2.5597	166	1/12/2018		7,95	242	102,5	14,2	27,8	6,0	11,0	31,7	7,3	13,1	2,1
071	carrer Sant Antoni	41.7478, 2.5597	161	1/12/2018		7,71	171	71,9	11,4	18,6	3,9	6,6	20,8	3,4	12,2	1,4
072	Duran	41.7582, 2.5594	179	1/12/2018	1,6	6,69	560	183,0	47,9	48,7	67,6	14,8	45,7	8,3	73,2	0,9
073	En Ratica	41.7587, 2.5585	183	1/12/2018	2,1	6,90	644	187,9	68,5	46,3	77,0	17,8	56,1	9,2	76,2	0,9
074	Mingo	41.7505, 2.5564	175	1/12/2018		7,49	224	91,5	13,8	24,3	5,4	9,2	29,6	4,4	13,1	1,9
075	Molí	41.7565, 2.5457	209	1/12/2018	0,02	6,50	112	35,9	9,6	17,0	2,4	3,4	9,6	2,4	9,2	0,5
077	Novè Centenari	41.7470, 2.5573	161	1/12/2018		7,87	267	109,8	17,4	30,1	7,9	11,2	36,1	5,3	15,7	2,7
078	Pintoresca	41.7565, 2.5457	208	1/12/2018	10,9	6,53	143	30,5	16,0	22,5	9,8	4,0	11,2	2,9	16,2	0,8
079	plaça Convent	41.7482, 2.5576	167	1/12/2018		7,80	229	93,9	14,9	25,4	5,6	9,2	30,5	3,9	13,6	1,9
080	Santa Anna	41.7424, 2.5620	188	1/12/2018		7,92	362	153,2	23,1	46,2	8,9	16,2	52,9	7,3	18,6	3,6
081	Avet	41.7411, 2.5309	174	6/12/2018	1,9	7,4	366	169,6	36,9	22,0	4,7	13,7	40,9	8,5	27,2	0,5
083	Canyonal	41.7656, 2.5195	401	6/12/2018	2,1	6,35	87	32,3	9,6	10,3	0,5	3,0	7,2	2,9	9,7	0,7
084	Corralet d'en Pelagrí	41.7769, 2.5046	566	16/12/2018		7,09	47	21,3	3,9	1,7	0,8	1,1	4,0	0,3	6,5	0,4
085	Fogueres	41.7805, 2.5018	558	16/12/2018	0,13	7,49	70	29,3	6,4	2,2	1,3	1,5	4,8	0,7	10,0	1,0
086	Hort del Rector	41.7764, 2.5123	488	6/12/2018		7,69	126	70,8	4,6	2,2	1,1	4,6	11,2	4,4	10,1	1,3
087	Sot de la Coma	41.7309, 2.5462	117	6/12/2018	1,4	7,22	1487	442,3	314,2	98,6	0,0	63,5	184,4	42,0	99,0	1,7
088	Menjahòsties	41.7619, 2.5241	365	16/12/2018	2,5	7,26	378	186,4	34,4	22,3	0,0	15,0	31,7	17,0	30,0	1,1
091	Rectoria	41.7764, 2.5125	484	6/12/2018		9,12	76	23,2	5,6	1,8	0,0	3,2	9,6	1,9	5,0	0,7
092	Ermita Sant Llop	41.7469, 2.5401	246	6/12/2018		7,08	648	228,7	67,8	73,5	22,8	23,6	75,7	11,4	59,1	2,0
093	Sant Vicenç	41.7437, 2.5271	205	6/12/2018	0,02	6,93	250	108,6	18,5	26,0	5,6	8,8	24,8	6,3	23,2	1,5
095	Can Cassó	41.8138, 2.5188	275	1/11/2018		7,41	430	209,2	12,8	34,4	26	19,2	59,7	10,4	22,4	2
096	Laura	41.8536, 2.5073	567	1/11/2018	0,9	7,62	412	240,9	11,9	19,6	15,5	22	64,9	14	12,3	2,7
097	Corbadora	41.8193, 2.5018	316	10/11/2018		7,7	240	123,8	15	14,5	4	10,4	30,5	6,8	12,9	1,7
098	Merleta	41.8125, 2.4141	1.031	24/11/2018		7,10	152	86,0	8,9	1,9	0,0	5,8	18,4	2,9	13,4	1,5
100	Muro	41.8042, 2.4394	1104	24/11/2018	14,3	6,59	93,0	36,6	12,3	4,8	0,0	3,8	8,8	3,9	8,0	1,4
102	Castanyeda del Gavatx	41.8044, 2.4904	621	5/1/2019	0,2	7,59	124	62,2	6,6	11,5	0	4,7	16,4	1,5	10	0,5
104	Rectoria	41.7937, 2.5836	433	9/1/2019		7,56	266	122	21,6	21,8	3,6	9,9	31,3	5,0	22,4	0,9
107	Can Mas	41.7996, 2.5987	351	9/1/2019		7,00	580	219,6	65,7	46,6	1,5	26,6	88,7	11,2	22,1	2,2
109	Can Pons	41.8098, 2.5823	492	9/1/2019		6,79	384	97,6	24,5	37,6	73,5	15,6	45,7	10,2	22,4	1,6
110	Olivareda d'en Roquet	41.8058, 2.5833	499	9/1/2019		6,70	223	73,2	17,4	36,8	6,9	8,4	25,6	4,9	17,1	0,8

Bibliografia

- BAEZA RODRÍGUEZ-CARO, J.; LÓPEZ GETA, J. A.; RAMÍREZ ORTEGA, A. *Las aguas minerales en España*. Madrid: Monografías del Instituto Geológico Minero de España, 2001.
- BATLLE, J. *Avaluació dels recursos hídrics subterranis de la conca de la riera d'Arbúcies*. Barcelona: Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, 133 p. map., 2001.
- FARRERONS VIDAL, Òscar; CORELLA, Adrià. *Projecte Fonts del Montseny*. Viladrau, 2019. [En línia] <<https://www.google.com/maps/d/viewer?hl=es&mid=1NR7adiDk2597xsoOa7sFAvUucBE&ll=41.77379618536315%2C2.421964986732519&z=12>>
- FARRERONS VIDAL, Òscar; PRAT BOFILL, Fortià. *Anàlisi mineralògica fonts Montseny est*. Viladrau, 2019. [Plànol googlemaps, en línia] <<https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1mRhV4kjIzmOMgA5wx6uXzLUA3LLpdjhE&ll=41.791921179107355%2C2.366031593408252&z=12>>
- «Anàlisis mineralògiques de les fonts del Montseny nord». *Ausa* [Vic], vol. 27, núm. 178 (2016), p. 693-719.
- «Anàlisis mineralògiques de les fonts del Montseny oest i de l'Alt Congost». *Ausa* [Vic], vol. 28, núm. 180 (2017), p. 533-555.
- GALLART, M.; JIMÉNEZ, N.; MONTIJANO, V.; OLIVÉ, M.; ROS, A. *Diagnosi ambiental i historicocultural de les fonts més representatives del Parc Natural del Montseny*. Barcelona: Diputació de Barcelona, 2003. (Monografies; 30) [En línia] <http://81.47.175.201/montseny/attachments/article/30/diagnosi_ambiental_fonts.pdf>
- HOOPER, R. P. «Diagnostic tools for mixing models of stream water chemistry». *Water Resources Research*, núm. 39 (2003).
- MINISTERIO DE PRESIDENCIA. GOBIERNO DE ESPAÑA. *Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano*. Madrid, 2003. [En línia] <<http://www.boe.es/boe/dias/2003/02/21/pdfs/A07228-07245.pdf>>
- OTERO, N. *et al.* «Monitoring groundwater nitrate attenuation in a regional system coupling hydrogeology with multi-isotopic methods: The case of Plana de Vic (Osona, Spain)». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, núm. 133 (2009), p. 103-113.
- SERRA, Ll. «Mines i fonts». *Fonts. Butlletí del Centre d'Estudis Argentonins Jaume Clavell*, núm. 42 (2010).
- SCHLESINGER, W. H.; BERNHARDT, E. S. *Biogeochemistry. An analysis of global change*. Academic Press, 2013, p. 1997.